

滋賀医科大学
平成 28 年度

医学科一般入試(前期日程)問題

理 科

物 理	1 ページ～6 ページ
化 学	7 ページ～14 ページ
生 物	15 ページ～24 ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 24 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち 2 科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始 120 分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

化 学 (3 問題)

I 次の文章を読み、問 1～7 に答えよ。(配点 33)

炭素の単体にはいくつかの同素体がある。その中で、ダイヤモンドの結晶は、炭素原子が 4 個の を使って次々に他の炭素原子と 結合をつくり、正四面体形の構造がくり返された立体構造をしている。ダイヤモンドはきわめて硬く、電気伝導性がないが、黒鉛は薄くはがれやすく、電気伝導性がある。また、単体のケイ素には、ダイヤモンドと同様の構造をもつ結晶や、 に利用されるアモルファスシリコンがある。

炭素が完全燃焼すると二酸化炭素が生じるが、不完全燃焼した場合には一酸化炭素が生じる。一酸化炭素の高温での強い 作用は、鉄の製錬などに利用されている。

二酸化炭素は、通常、ボンベに入れて貯蔵・運搬される。二酸化炭素の水への溶解度は、温度が高くなるほど小さくなる。ドライアイスは一酸化炭素の 結晶である。

問 1 文中の ～ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 1 について、黒鉛がこのような性質をもつ理由を説明せよ。

問 3 結晶とアモルファスの構造はどのように異なるか。

問 4 下線部 2 について、89.6 mL(標準状態)の一酸化炭素を完全燃焼させたときに発生する熱量は、水 100 g の温度を 2.71 K 上昇させる熱量に相当する。一酸化炭素の生成熱を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、水の比熱を 4.18 J/(g・K)、酸素分子の O=O の結合エネルギーを 498 kJ/mol、二酸化炭素分子の C=O の結合エネルギーを 803 kJ/mol、C(黒鉛)の昇華熱を 714 kJ/mol とする。気体は理想気体としてふるまうものとする。

問 5 下線部 3 について、一般に、気体の水への溶解度は、温度が高くなるほど小さくなる。この理由を説明せよ。

問 6 図1と図2はそれぞれダイヤモンドとドライアイスの結晶の単位格子を表している。ここで、ダイヤモンドでは、炭素原子間の結合距離を 0.15 nm 、ドライアイスでは、もっとも近い2つの二酸化炭素分子の炭素原子間の距離を 0.40 nm とする。ダイヤモンドとドライアイスでは、どちらの方が密度が高いか。ただし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。

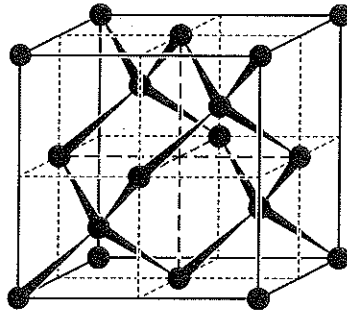


図1 ダイヤモンドの結晶の単位格子 ●は炭素原子の位置を示している。単位格子は立方体であり、頂点とそれぞれの面の中央に原子が並び、さらに単位格子を八等分してできた小立方体の互い違いの中心位置に原子が加わっている。

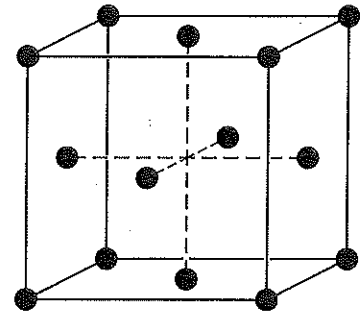


図2 ドライアイスの結晶の単位格子 ●は二酸化炭素分子の炭素原子の位置を示している。単位格子は立方体であり、頂点とそれぞれの面の中央に炭素原子が位置している。

問 7 図3は二酸化炭素の状態図であり、それぞれの温度と圧力でどのような状態にあるかを示している。図3中のI~IIIは、固体、液体、気体のいずれかを示している。

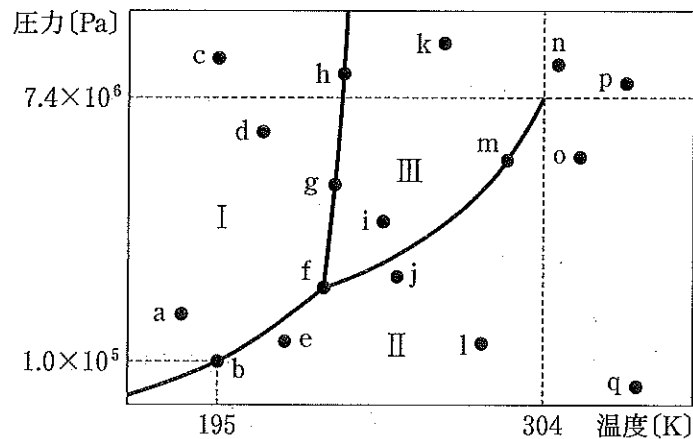
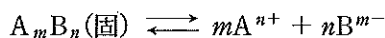


図3 二酸化炭素の状態図

- (ア) 点 a~q のうち、液体の二酸化炭素が存在している点をすべて選べ。
- (イ) 点 a~q のうち、気体として存在し、同じ物質質量で最も体積が大きいのはどの点か。
- (ウ) 点 f において、二酸化炭素はどのような状態にあるか。
- (エ) II と III を区切る曲線を何とよぶか。
- (オ) ボンベ内の二酸化炭素が点 m の条件にあるとする。一定温度でボンベの上部から大気中へ二酸化炭素をゆっくりと放出し続けたとき、ボンベ内の圧力と二酸化炭素の状態はどのように変化するか、説明せよ。
- (カ) 一定容積の容器内の二酸化炭素が点 o の条件にあるとする。この二酸化炭素を加熱し続けると、二酸化炭素はどのような状態に変化するか。理由とともに説明せよ。

II 次の文章(i)と(ii)を読み, 問1~7に答えよ。(配点34)

(i) 一般式 A_mB_n で表される難溶性塩が, 次のような溶解平衡にあるとき,



その溶解度積 K_{sp} は, 成分 A のモル濃度を $[A]$ のように表すと, 次のように表される。

$$K_{sp} = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n$$

溶解した A_mB_n 1 mol ごとに A^{n+} m mol と B^{m-} n mol が生成するので, 水溶液中の $[A^{n+}]$ と $[B^{m-}]$ は, 塩の飽和水溶液のモル濃度 C_1 [mol/L] を使って, 次のように表される。

$$[A^{n+}] = \boxed{\text{①}} \quad (1)$$

$$[B^{m-}] = \boxed{\text{②}} \quad (2)$$

したがって, K_{sp} と C_1 との関係は, 次のようになる。

$$K_{sp} = \boxed{\text{③}} \quad (3)$$

式(1), (2), (3)は, 水溶液中で, すべて A^{n+} と B^{m-} の形で存在している場合に成立するが, 硫化物などの弱酸の塩の場合, 水溶液の pH に依存して形が変化するので成立しない。

2価の金属イオン M^{2+} の硫化物 MS を水に溶かすと, M^{2+} と硫化物イオン S^{2-} に解離するが, S^{2-} の一部あるいは大部分は HS^- や H_2S に変化する。ここでは M^{2+} の形は変化しないとする。

いま, 硫化物 MS の飽和水溶液中の S^{2-} , HS^- , H_2S のモル濃度の和に対する S^{2-} のモル濃度の割合を f とし,

$$f = [S^{2-}] / ([S^{2-}] + [HS^-] + [H_2S])$$

水溶液中の物質量の関係から成り立つ

$$[M^{2+}] = [S^{2-}] + [HS^-] + [H_2S]$$

を考慮すると, 式(1)および(2)に対応した式として, 水溶液中の $[M^{2+}]$ と $[S^{2-}]$ は, 硫化物 MS の飽和水溶液のモル濃度 C_2 [mol/L] や f を使って, 次のように表される。

$$[M^{2+}] = \boxed{\text{④}} \quad (4)$$

$$[S^{2-}] = \boxed{\text{⑤}} \quad (5)$$

これより, 式(3)に対応した式は, 次のようになる。

$$K_{sp} = \boxed{\text{⑥}} \quad (6)$$

図1は, 水溶液の pH と f の関係を, 横軸に pH を, 縦軸に f の常用対数をとってグラフに描いたものである。

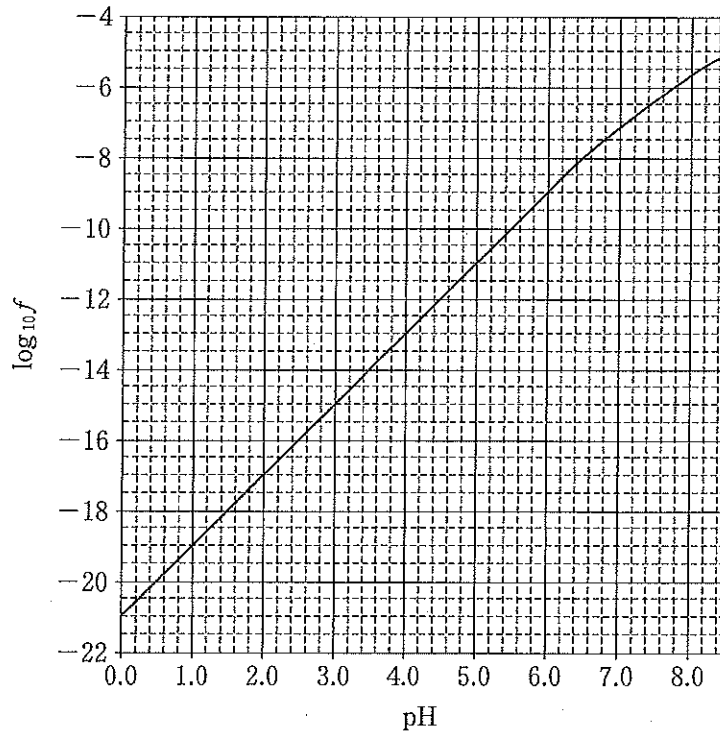


図1 pHと f の関係

問1 文中の ① ~ ⑥ に適切な記号あるいは式を入れよ。

問2 次の(a), (b)について, 図1を用い有効数字2桁で答えよ。

(a) pH 1.0の水溶液 1.0 Lに硫化鉄(II) 0.50 gを加えたとき, 何g溶解するか。また, 同じ質量の硫化鉛(II)を加えたときはどうか。ただし, 硫化鉄(II)と硫化鉛(II)の溶解度積はそれぞれ $4.0 \times 10^{-19} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $3.6 \times 10^{-28} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とし, 式量は, 88, 239とする。また, 硫化鉄(II)や硫化鉛(II)を加えても水溶液の体積およびpHは変化しないものとする。

(b) ニッケル(II)イオンと亜鉛イオンを $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ ずつ同時に含む水溶液 100 mLに, pHをある値に保ちつつ硫化水素を通じて飽和させ, 水溶液中に残存するニッケル(II)イオンと亜鉛イオンの濃度をそれぞれ初濃度の0.1%以下にしたい。水溶液のpHは, いくら以上に保つ必要があるか。ただし, 硫化水素の飽和水溶液中の S^{2-} , HS^- , H_2S の物質量の和は $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ であり, 硫化ニッケル(II)と硫化亜鉛の溶解度積はそれぞれ $2.0 \times 10^{-21} \text{ mol}^2/\text{L}^2$, $2.0 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。また, 硫化水素が溶解しても水溶液の体積は変化しないものとする。

問3 1価の金属イオン X^+ の硫化物 X_2S の場合, その飽和水溶液のモル濃度を C_3 (mol/L)とすると, 式(6)に対応する式は, どのように表されるか。

(ii) 原子番号が 13 で、周期表 13 族に属するアルミニウムや、原子番号が 30 で、周期表 ⑦ 族に属する亜鉛は、それらの単体が、酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応して、それぞれ塩をつくる。このような元素を ⑧ 元素という。

アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)の粉末の混合物は ⑨ とよばれ、これに点火すると、多量の反応熱によって高温になり、溶けた単体の鉄が遊離する。このように、単体のアルミニウムを使って金属酸化物から金属を得る方法を ⑨ 法という。

亜鉛は、電池の負極や合金の原料に用いられるほか、鋼板をトタンにして鉄の腐食を防ぐのに用いられる。

問 4 文中の ⑦ ~ ⑨ に、適切な数字あるいは語句を入れよ。

問 5 アルミニウムや亜鉛の酸化物も、酸の水溶液と強塩基の水溶液に反応する。次の(a), (b)に答えよ。

- (a) 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で示せ。
- (b) (a)の反応で生成する塩の名称を書け。

問 6 下線部において、トタンは表面に傷がついても腐食しにくい。それはなぜか。

問 7 ある質量の硝酸亜鉛六水和物(式量 297)を 100 g の水に溶かした水溶液の沸点は、質量パーセント濃度が 2.0 % のグルコース(分子量 180)水溶液の沸点と同じであった。水に溶かした硝酸亜鉛六水和物の質量は何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、硝酸亜鉛はすべて電離するものとする。

Ⅲ 次の文章(i)と(ii)を読み、問1～10に答えよ。(配点33)

(i) 化合物A, B, C, Dは、炭素数が9以下で、ベンゼン環をもち、炭素、水素、窒素、酸素以外の元素を含まない化合物である。いま、化合物A, B, C, Dの混合物が溶解したジエチルエーテル溶液に十分量の塩酸を加えてよく振り混ぜ、静置したのち、水層④とジエチルエーテル層⑦を分離した。次に、ジエチルエーテル層⑦に十分量の炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜ、静置したのち、水層⑥とジエチルエーテル層⑧を分離した。最後に、ジエチルエーテル層⑧に十分量の水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜ、静置したのち、水層③とジエチルエーテル層⑨を分離した。

水層④を水酸化ナトリウム水溶液で塩基性になると、化合物Aが遊離した。続いて、化合物Aの希塩酸溶液に氷冷下で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えたのち、加温すると C_6H_6O の分子式をもつ化合物Eが生成した。

水層⑧を塩酸で酸性にすると化合物Bが遊離し、水層③を塩酸で酸性にすると化合物Cが遊離した。

ジエチルエーテル層⑨を穏やかに加熱してジエチルエーテルを蒸留すると、化合物Dが残った。

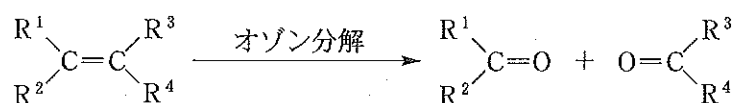
問1 化合物Aの構造式を解答欄アに、化合物Eの構造式を解答欄イに書け。

問2 下線部1の水溶液に化合物Eの水酸化ナトリウム水溶液を加えると橙赤色を呈した。この呈色反応の反応式を示せ。

問3 化合物Bは不斉炭素原子をもち、ベンゼン環以外に官能基を1つもっている。化合物Bの構造式を書け。

問4 化合物Cの分子量は108であり、さらに、化合物Cは塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青色～紫色を呈する。化合物Cの構造式として考えられるものすべてを書け。

問5 オゾン分解とよばれる反応がある。アルケンをオゾン分解すると、下の反応式に従ってアルデヒドあるいはケトンが生じる。ここで、Rは水素原子あるいは炭化水素基である。



化合物Dは炭化水素であり、オゾン分解するとアルデヒドとケトンが生成した。化合物Dの構造式を書け。ただし、ベンゼン環は変化しないとする。

問 6 実験の安全のために下線部 2 の操作では、中和熱の発生に加えて注意すべきことがある。何に注意すべきか、一つ書け。またそれはなぜ起こるか。さらに、それにどのように備えるべきか。

問 7 酸と塩基を用いるこの一連の分離手順は、有機化合物を分離する一般的な方法である。しかし、試料混合物に炭素数の多い脂肪酸が含まれるときには不都合が生じる。その理由を記せ。

(ii) 尿素 $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ は哺乳類における窒素を含む化合物の代謝排出物である。また、尿素は肥料としての利用のほか、工業原料としても重要である。尿素から図 1 に示すメラミンが合成される。さらに、尿素と [①] から尿素樹脂が製造され、同様にメラミンと [①] からメラミン樹脂が製造される。

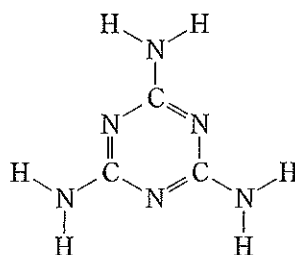


図 1 メラミンの構造

合成樹脂は熱に対する性質によって 2 つのグループに分類される。そのうち、尿素樹脂とメラミン樹脂が属するグループは [②] とよばれ、これらは三次元の [③] 状の分子構造をもつ。もう 1 つのグループの樹脂は [④] とよばれ、鎖状の分子構造をもつことが多い。資源の有効利用と環境保全のため、合成樹脂のリサイクルが重要である。回収した合成樹脂を、融解して再製品化する方法を [⑤] といい、原料になる物質にまで分解して、再び材料として利用する方法を [⑥] という。

問 8 [①] ~ [⑥] に適切な語句を入れよ。

問 9 メラミンは尿素のみを原料として合成することができ、その際には、二酸化炭素とアンモニアも生成する。メラミンを分子式で表記して、この合成反応の反応式を示せ。

問10 メラミンと水素結合をつくる、六角形の環状構造をもつ化合物 F がある。化合物 F は次の(a)~(c)の条件をすべて満たす。下の(1), (2)に答えよ。

(a) 分子量が 129 で、元素分析の値は、質量パーセントで C : 27.9 % , H : 2.3 % , N : 32.6 % , O : 37.2 % である。

(b) 窒素原子どうしの結合はない。

(c) すべての酸素原子は二重結合で炭素原子と結合している。

(1) 化合物 F の分子式を求めよ。

(2) いずれもが平面構造であるメラミンと化合物 F の 1 分子どうしが同一平面上にあるとき、3 本の水素結合で結びつく。その状態を構造式を用いて表せ。水素結合を太い破線で示すこと。